

Принципы проектирования насосной станции и выбора насосов

Principles of the pumping station design and pump selection

студент Маскалёва Вера Владимировна
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет
vera.maskaleva@gmail.com
Санкт-Петербург
Российская Федерация

Student Vera Vladimirovna Maskaleva
Saint-Petersburg State Polytechnical University
vera.maskaleva@gmail.com
Saint-Petersburg
Russian Federation

Ключевые слова: насосная станция, выбор насосов, водоотведение, водоснабжение, сумма затрат за весь период.

В статье рассмотрены основные принципы проектирования насосной станции систем водоотведения. Особое внимание уделено выбору насосов.

Приводятся сравнительные характеристики агрегатов: производительность, энергопотребление, подача, напор.

По результатам работы подтверждена целесообразность метода выбора насосов, основанного на сумме затрат за весь период их службы.

Key words: pump station, pump selection, drainage, water supply, Life Cycle Cost, LCC.

The article describes the basic principles of designing systems of water pumping station. Special attention is paid to the choice of pumps.

The article shows comparative characteristics of aggregates: productivity, energy consumption, water supply, pump head.

Results of choice of pumps based on the amount of expenses for the entire period of their service are relevant.

1. Введение

Россия является мировым лидером по запасам пресной воды. Однако, многие города и даже регионы испытывают её дефицит. Решить эту проблему можно с помощью водоочистки и водоподготовки.

Насосные станции систем водоотведения – это комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий отведение сточных вод в соответствии с нуждами потребителя [58, 90]. Определенные условия проектирования допускают многообразие решений схем водоотведения, удовлетворяющих санитарно-техническим, экономическим и экологическим требованиям. Насосные станции для транспортировки осадков находятся в едином комплексе сооружений очистки сточных вод и обработки осадков. Они служат для перекачки сброшенного осадка и активного ила на сооружения для дальнейшей их обработки [1 - 5]. Перед тем как попасть на насосную станцию, вода проходит ряд решеток или решеток-дробилок. Они задерживают крупные отбросы, поступающие на канализационные насосные станции с потоком сточных вод. Применение таких решеток обеспечивает защиту насосов от засорения, продлевая их срок эксплуатации [6 - 7].

Экономичность и эффективность действия систем водоснабжения и водоотведения определяются выбором месторасположения их насосных станций, надежностью работы, а также эксплуатационными показателями установленных на станции агрегатов [55 - 57, 82 - 89].

2. Обзор литературы

Анализ литературы по теме «принципы проектирования насосных станций и выбора насосов» позволяет выделить направления основных исследований в этой области:

1. Надежность насосной станции;

В публикациях [8-12, 34-35] представлены 3 основные характеристики надежности городской водоотводящей сети – структурной, конструкционной и эксплуатационной. Рассмотрены основные положения методики расчёта сооружений для транспортирования сточных вод. С. Е. Петренко в своей работе [12] затрагивает тему организации бесперебойной подачи и обеспечения необходимых уровней давления на всех участках системы водоснабжения, определяющих надежность работы насосной станции.

2. Реконструкция систем водоотведения;

Износ систем водоотведения в большинстве населенных пунктах составляет 70-80%. В публикациях [13-15, 91-92] авторами предложены пути реконструкции водоотводящей системы за счет изменения технологических параметров, устройства резервуаров-усреднителей и применения современного оборудования и материалов.

3. Модернизация насосных станций;

В работах [16-18] обобщен опыт модернизации насосных станций с заменой устаревшего оборудования и насосных агрегатов, с внедрением автоматизированных систем управления технологическими процессами и использованием энергосберегающих технологий. Такие преобразования позволяют повысить уровень организации и управления эксплуатацией всего комплекса насосных станций.

4. Мониторинг насосных станций;

В публикациях [19-20] приведена методика мониторинга канализационных насосных станций, позволяющая определять технологические показатели надежности работы насосной станции, необходимые для выбора насосов и обоснования решений по энергосбережению при реконструкции. Эта методика успешно использована на КНС №10 Санкт-Петербурга.

5. Проектирование и оптимизация насосной станции;

В публикациях [22, 26] приведены результаты исследований по выбору оптимальной конфигурации и размеров канализационных насосных станций, сформулированы принципы их проектирования. Авторы работ [21, 23-25] приводят оптимальные характеристики погружных насосов.

6. Энергосбережение и энергоэффективность;

В работах [27-38, 85-89] авторы затрагивают вопросы эффективной работы насосно-силового оборудования в связи с ростом тарифов на электрическую энергию.

7. Выбор насосных агрегатов.

С. Е. Березин и С. Я. Мацов в своей публикации [39] формулируют одну из основных тем направления «Выбор насосных агрегатов» - «Как снизить риск ошибки при выборе сложной техники». В работах [40-54] приводятся основные характеристики современного насосного оборудования, а также исследования в данной области.

3. Цель работы

Целью данной работы формулирование основных принципов проектирования насосной станции, а также исследование основных параметров насосных агрегатов. Поставлена задача рассмотреть канализационную насосную станцию и насосное оборудование как единую энергоэффективную систему.

4. Основные принципы проектирования насосной станции

Водопроводная система надежна, если она при заданных условиях окружающей среды, в определенном интервале времени работает безупречно. Надежность системы снижает возможность возникновения явлений, которые могут привести к ограничению либо временной остановке ее действия. Повреждения имеют стохастический характер и могут быть непредсказуемыми [80-81].

1. Прежде всего, необходимо определить расчетный срок службы станции, для этого принимают во внимание следующее:

-старение и износ механического оборудования;

-возможность расширения станции в будущем;

-эффективность работы станции в течение первых лет эксплуатации, когда она еще не может работать в полную мощность.

Срок службы станции должен выбираться так, чтобы стоимость системы между существующими и будущими пользователями была бы разделена поровну [59, 65, 79].

2. Экономических анализ схем водоотведения может производиться по соотношению укрупненных объемов строительных работ и основных параметров работы насосных станций (перекачиваемых расходов воды, создаваемых напоров).

Таким образом, проектирование станции проводится с обязательным построением характеристик совместной работы насосов и напорных водоводов и их анализом. При анализе возникают сложности с рациональным подбором насосов как по количеству так и по их характеристикам [59].

3. Размеры насосной станции зависят от количества монтируемых резервных агрегатов. Для насосных станций I категории (обслуживают эквивалентное количество жителей свыше 5000 человек) следует предусматривать установку в станции двух резервных насосных агрегатов [60, 61].

4. Места расположения насосных станций уточняются с учетом гидрогеологических условий и планировки кварталов, очередности строительства системы водоотведения и согласовываются со службами контроля за качеством воды и охраны рыбных ресурсов.

5. Исходными данными для расчета и проектирования насосных станций – расход воды Q и напор H . Для выбора оборудования необходимо оценить качество перекачиваемых сточных вод, а именно: плотность, вязкость, агрессивность жидкой среды, абразивность взвешенных веществ, образование осадков и вредных газов, их взрывоопасность, а также крупность и специфику содержащихся в воде частиц [59].

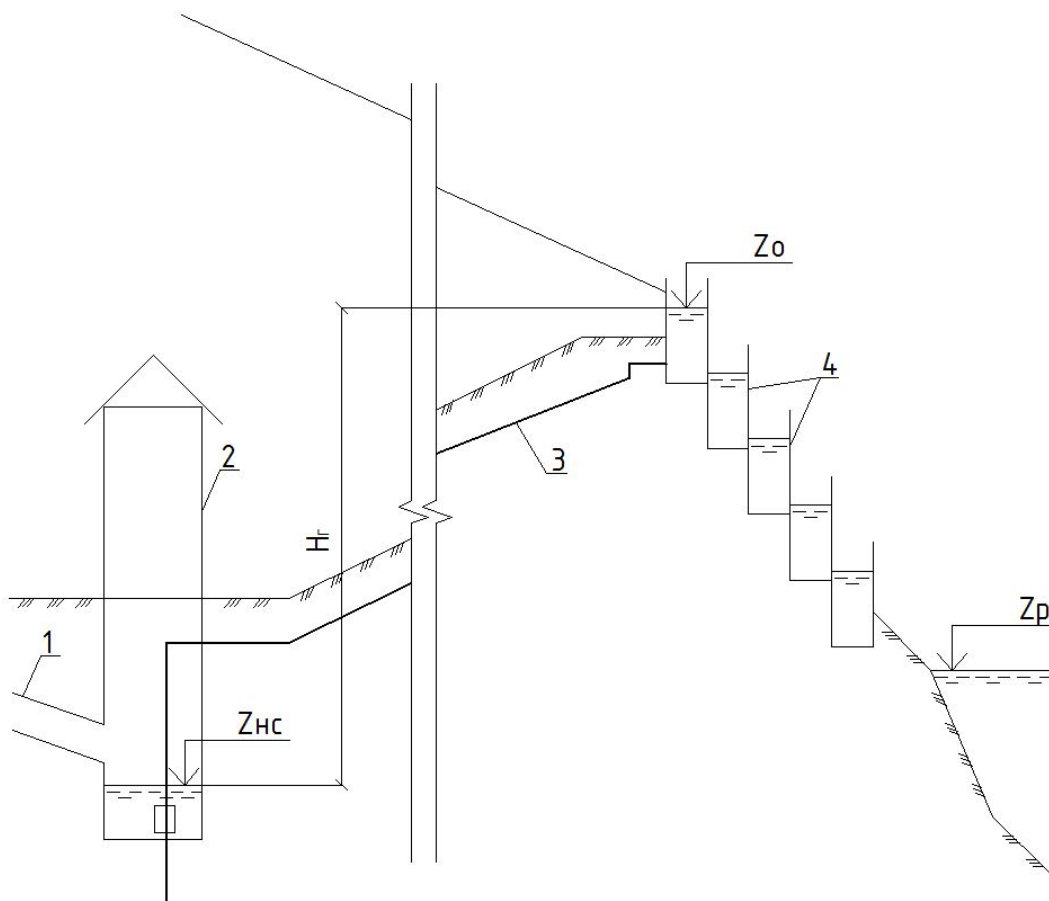


Рис.1. Схема расположения насосной станции и напорного трубопровода:
1 – самотечный подводящий трубопровод; 2 – насосная станция; 3 – напорный трубопровод; 4 – очистные сооружения

Расход Q (максимальный, средний и минимальный) определяют по суммарной таблице притока всех видов сточных вод.

Геометрическая высота подъема воды H_g определяется как [58, 73]:

$$H_g = Z_0 - Z_{нс},$$

где Z_0 – отметка подачи сточных вод (отметка верха напорного трубопровода)

$Z_{НС}$ – отметка откачки уровня сточных вод (отметка среднего уровня воды в приемном резервуаре)

Напор насосной станции H определяется по формуле [58]:

$$H=H_z + h_{н.тр.} + h_{в.тр.},$$

где $h_{н.тр.}$ и $h_{в.тр.}$ – потери напора в напорном и всасывающем трубопроводах.

5. Основные принципы выбора насосов

Основными критериями выбора насосов являются затраты на электроэнергию, которая потребуется для перекачки всего объема воды за весь период его эксплуатации. Показатель суммы затрат за весь срок службы насосов (LCC) в зависимости от того, какую жидкость они будут качать – чистую или загрязненную, - отличаются по составу и величине входящих в него затрат [62, 68-71].

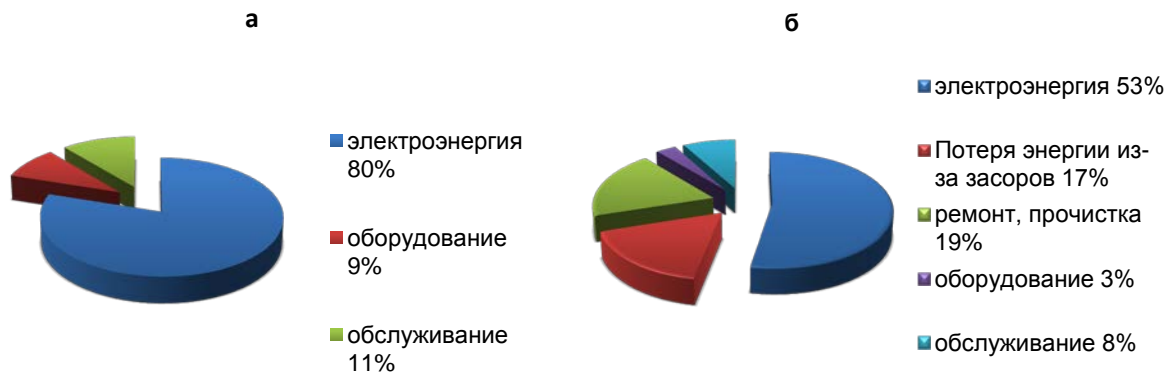


Рис. 2. Диаграммы составляющих суммы затрат за весь срок службы насосов, перекачивающих чистую (а) и сточные (б) воды

По данным Британской ассоциации гидравликов [63], насосы потребляют 31% всей энергии, затрачиваемой промышленностью. При работе по 4000 часов в год электродвигатель насоса потребляет электроэнергию, стоимость которой в несколько раз превышает стоимость самого насоса.

Насосные станции целесообразно проектировать с двумя группами насосов. Одна группа должна перекачивать бытовые и производственные сточные воды в сухую погоду, а другая включается в работу только во время дождя - для перекачки дождевых вод [58].

Одновременное использование в насосных станциях насосов разной производительности и даже различных типов может оказаться рациональнее применения одинаковых по подачам и типам агрегатов, управляемых регулируемым электроприводом. Рекомендуемое соотношение величин подач насосов при этом должно быть равным соотношению объемов максимального расчетного и минимального фактического часового водопотребления и водоотведения по насосной станции [59, 64-67].

В своей работе [59] автор отмечает вышеописанные критерии выбора насосов на примере четырех наиболее известных фирм-производителей погружных агрегатов: ABS, Grundfos, ITT Flygt, KSB [72, 74-78].

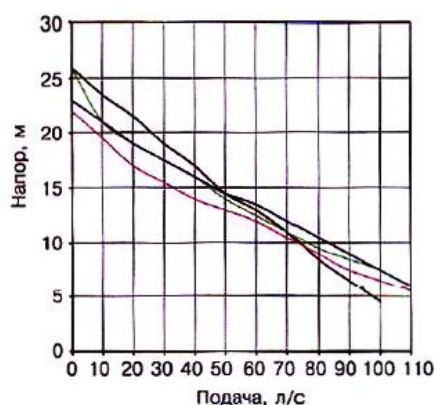


Рис.3. Характеристики насосов фирм ABS, Grundfos, ITT Flygt, KSB для $Q=200 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H=13\text{м}$

По графику определяется, что характеристики насосов очень близки. Поэтому следует производить выбор агрегатов, руководствуясь показателем LCC – суммы затрат за весь срок службы.

Полагая, что срок службы насосов составляет 8 лет, а суммарный объем перекачанной воды порядка 240 тыс. м³, можно определить энергопотребление насосов.

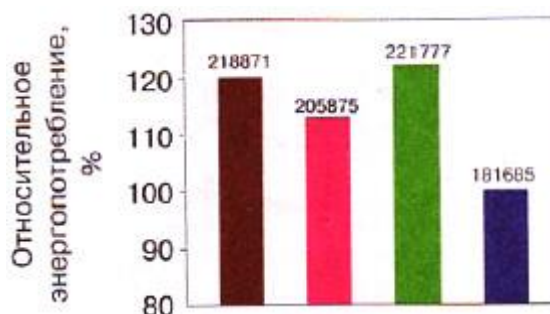


Рис.4. Относительное энергопотребление насосов фирм ABS, Grundfos, ITT Flygt, KSB на перекачку равных объемов (в кВт·ч)

Также при выборе насосов необходимо принять во внимание затраты на их техническое обслуживание.

6. Выводы

1. Важно учитывать при подборе насосов, что они являются лишь частью системы (водоводы, арматура и т.п.) доставки жидкости, следовательно, определение агрегатов без привязки к системе недопустимо. Основным критерий в выборе насосов – сумма затрат за весь период их службы. Цена является наименее значимым компонентом в сумме данных затрат по насосным агрегатам.

2. Также необходимо принять во внимание качество воды в месте водозабора. Так как затраты за весь срок службы насосов напрямую зависят от степени загрязнённости воды: сточные воды требуют капитальных затрат на ремонт и прочистку оборудования.

Литература

1. Хромченко Я. Л. Совершенствование нормативно-правовой базы в сфере питьевого водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и канализация. 2010. №1. С. 32-36.
2. Ивлев А. А. Локальные системы очистки – малозатратное решение вопроса обеспечения населения чистой водой в проблемных местах // Водоснабжение и канализация. 2010. №1. С. 62-67.
3. Современные системы очистки воды для жилищно-коммунального хозяйства / Поворов А. А., Павлова В. Ф., Шиненкова Н. А., Логунов О. Ю. // Водоснабжение и канализация. 2010. №1. С. 58-61
4. Ермилова Т. А., Гребенская Т. М., Морозов С. В., Шилов С. А. Очистка воды от вторичных загрязнений на водопроводной насосной станции поселка Стрельна // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №11. С. 31-34.
5. Вовянюк В. А., Штейнман Г. А., Лопарёв С. Ф. Обеззараживание сточных канализационных вод на очистных сооружениях и питьевой воды на водонасосных станциях с помощью хлорсодержащего реагента – товарного гипохлорита натрия // Водоснабжение и канализация. 2010. №1. С. 51-57.
6. Волошин К. И., Полосков В. В. Механическая очистка сточных вод на канализационных насосных станциях // Водоснабжение и канализация. 2011. №9-1. С. 58-60.
7. Носкова И. А., Мегалинский Л. В. Решетки-дробилки «Monster» для измельчения крупных загрязнений сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. №2. С. 58-61.
8. Ермолин Ю. А., Алексеев М. И. Надежность водоотводящих сетей и пути её повышения // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. №1. С. 13-16.
9. Игнатчик С. Ю. Обеспечение надежности и энергосбережения при расчете сооружений для транспортирования сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. №8. С. 56-63.
10. Найманов А. Я. О надежности систем водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2005. №7. С. 30-35.
11. Мюцель Ф. Эксплуатационная надежность и экономичность насосных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №1. С. 43.

12. Петренко С. Е. Параметры надежности эксплуатации насосных станций и мероприятия по их повышению // Инженерный вестник Дона. 2010. №4. С. 110-1114.
13. Бабкин В. Ф., Журавлева И. В. Методы интенсификации и реконструкции водоотводящих систем // Научный вестник Воронежского Государственного Архитектурно-Строительного Университета . 2010. №2. С. 45-52.
14. Баженов В. И., Эпов А. Н. Реконструкция сооружений на станциях по очистке сточных вод // Водоснабжение и канализация. 2010. №3. С. 79-91.
15. Кинебас А. К., Ипатко М. Н., Ильин Ю. А., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю. Реконструкция системы подачи воды на южной водопроводной станции Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №10-2. С. 17-22.
16. Алексеева Л. П., Дружинина Г. В. Основные методы интенсификации процессов очистки воды на водопроводных станциях // Водоснабжение и канализация. 2010. №6. С. 81-89.
17. Многоуровневая автоматизированная система управления технологическими процессами водоснабжения и водоотведения / Сиволов Г. Е., Кармалов А. И., Ивансон П. Б., Исхаков Ю. Б // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №9-1. С. 47-56.
18. Карабанов Ю. З., Никитан А. М., Гириков А. О. Модернизация канализационных насосных станций // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №2. С. 34-36.
19. Методика мониторинга канализационных насосных станций (на примере КНС №10 системы водоотведения Санкт-Петербурга) / Кинебас А. К., Панкова Г. А., Ломбас С. В., Юдин М. Ю., Ильин Ю. А., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю. // Водоснабжение и санитарная техник. 2010. №3. С. 6-11.
20. Техническое обследование насосных станций системы водоотведения Санкт-Петербурга / Кармазинов Ф. В., Мельник Е. А., Пробриский М. Д., Панкова Г. А., Михайлов Д. М., Ильин Ю. А., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю. // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. №1. С. 20-28.
21. Влацкая И. В., Заельская Н. А. Проектирование системы оперативного планирования технологических режимов работы насосов насосной станции с использованием структурного подхода // Сборник научных трудов world по материалам международной научно-практической конференции. М: Изд-во Куприенко Сергей Васильевич, 2011. С. 57-59.
22. Березин С. Е. Оптимизация формы и размеров малых насосных станций с насосами погружной установки // Водоснабжение и санитарная техника. 2008. №5. С. 33-40.
23. Березин С. Е. Оптимальные параметры насосных станций с погружными насосами мокрой установки // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №3-2. С. 10-19.
24. Березин С. Е. Оптимальные параметры насосных станций с погружными насосами сухой установки // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №3-2. С. 20-25.
25. Комплексный подход к оптимизации работы системы подачи и распределения воды г. Омска / Иващенко Г. И., Моисеев А. В., Риффель Е. В., Шевчук С. В., Якимов С. Ю., Фурманова Ю. И. // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №6. С. 35-38.
26. Очистные сооружения – от классических схем к наиболее эффективным // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2008. №9. С. 35-38.
27. Горюнов А. Н. Взаимодействие насосных установок первого подъема и очистных сооружений водоподготовки // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. №1. С. 24-25.
28. Чебанов В. Б. Технико-экономические аспекты применения регулируемого электропривода в насосных установках // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. №1. С. 65-50.
29. Твердохлеб И.Б., Костюк А. В. Энергоэффективная эксплуатация насосного оборудования // Водоснабжение и канализация. 2010. №1. С. 124-127.
30. Шадрин В. А. Повышение эффективности использования электроэнергии // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. №8. С. 13-15.
31. Березин С. Е. «Grundfos» переходит на электродвигатели высшего европейского класса энергоэффективности // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №1. С. 21.
32. Редит М. Энергосберегающие насосы для перекачивания сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. №5. С. 53-56.
33. Лучкина С. Н., Сабуров В. А. КПД насоса – путь, ведущий к минимальным энергозатратам // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №4-2. С. 18-19.
34. Шихта Л. Влияние системы управления насосной станцией на водопроводную сеть в пределах наибольшей эффективности // Вестник Уральского Государственного Университета Путей Сообщения. 2012. №3. С. 35-42.

35. Карелин А. Н. Нормирование электропотребления и автоматизированный комплекс контроля и учета электропотребления в системе водоснабжения городского хозяйства // Промышленная энергетика. 2007. №8. С. 7-12.
36. Сергеев А. И. Современные методы оценки эффективности работы насосных станций в системе водоотведения // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. №5. С. 72-73.
37. Ижиков В. Н. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных установках // Водоснабжение и канализация 2010. №3. С. 99-105.
38. Исаев В. Н., Нечитаева В. А. Энергоресурсосбережение в системах водоснабжения // Водоснабжение и канализация. 2010. №4. С. 88-91.
39. Березин С. Е., Мацов С. Я. Как снизить риск при выборе сложной техники // Водоснабжение и канализация. 2010. №1. С. 120-123.
40. Березин С. Е. Высокоэффективные насосы Wilo: эталон в своем классе // Водоснабжение и канализация. 2010. №4. С. 96-98.
41. Влияние геометрической формы рабочего колеса канализационных насосов на их эксплуатационную надежность и срок службы / Радке М., Бросс Ш., Пенслер Т., Шпринглер П. // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №6. С. 48.
42. Зенитов П. Н. Насос Amarex NS32 для транспортировки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2008. №12. С. 45-48.
43. Баулин А., Клавдиенко И. Погружные высоконапорные канализационные насосы больших мощностей: преимущества и особенности применения // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №12. С. 31-32.
44. Незасоряющиеся насосы для перекачки осадков сточных вод / Кармазинов Ф. В., Пробирский М. Д., Ильин Ю. А., Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю. // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. №4-1. С. 30-32.
45. Каргин С. А. Анализ потерь электроэнергии при работе группы насосов, оснащенных регулируемым приводом // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. №3. С. 12-18.
46. Николаев В. Г. Влияние характеристик насосов на энергопотребление канализационных насосных станций и качество очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №10-2. С. 3-10.
47. Березин С. Е. Насосы производства KSB Omega и RDLO с рабочим колесом двустороннего входа // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №8. С. 71.
48. Березин С. Е., Баженов В. И. Погружные насосы в системах водоподдачи // Водоснабжение и санитарная техника. 2008. №6. С. 39-43.
49. Лучкина С. Н., Сабуров В. А. Погружные насосы серии AFP компании ABS // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. №11. С. 19-20.
50. Березин С. Е. Погружные насосы «Ingeteam-Indar» для природных и сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №11. С. 69-73.
51. Твердохлеб И. Б., Костюк А. В. Модернизация погружных насосных агрегатов серии ЭЦВ // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №5. С. 50-52
52. Бегляров Д. С., Карамбинов С. Н., Апресян Д. Ш., Лиханов Д. М. Экспериментальные исследования переходных процессов, возникающих при спуске и отключении насосного агрегата на насосной станции // Природообустройство. 2009. №11. С. 74-78.
53. Березин С. Е. Ассортимент насосов расширяется // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №7. С. 73.
54. Березин С. Е. Цифровые дозировочные насосы Grundfos на IFAT Entsorga 2010 // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. №10-2. С.46.
55. Пушкин В. О., Семин М. М., Пшенко Н. Л. Крупная канализационная насосная станция очистных сооружений г. Подольска на базе погружной насосной техники // Водоснабжение и канализация. 2010. №2. С. 114-118.
56. Алексеева Г. Н., Малиновская А. А., Мироненко Д. П. Канализационная насосная станция // Вологодские чтения. 2009. №76. С. 141-143.
57. Домнин К. В., Архипова Е. Е., Дунаевская Е. В., Алешко Д. С., Метелица Е. К. Применение новых технологий на головных очистных сооружениях водопровода Хабаровска // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. №7. С. 35-40.
58. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: АСВ, 2002. 704 с.

59. Березин С. Е. [и др.] Насосные станции с погружными насосами. Расчет и конструирование. М.: Стройиздат. 2009. 160 с.
60. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
61. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения.
62. Joseph Azzopardi. Welcome to the world of blockage-free pumping // World Pumps. February, 2004. PP. 23-25.
63. Glover A. Oversizing pump motors – the problems // World Pumps. July, 2007. PP. 34-38.
64. Berezin S. Submersible pumps for wastewater applications // World pumps. September, 2006. PP. 52-56.
65. Березин С. Е. Погружные насосы. Преимущества. Принципы проектирования и подбора // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №3. Ч. 2. С. 35-49.
66. Березин С. Е., Баженов В. И. [и др.] Новое поколение погружных насосов // ВСТ. 2001. №12. С. 50-52.
67. Копытин А., Царинник О. Современные методы в определении эффективности работы насосных агрегатов // Сантехника, отопление, кондиционирование. №8. 2007. С. 40-42.
68. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. М.: Энергоатомиздат, 2006. 359 с.
69. Noll P. Determining the real cost of powering pump // World pumps. January, 2008. PP. 12-18.
70. Vachus L. Pump and circumstance // World pumps. December, 2008. PP 15-19.
71. Vogellsand H. An Introduction to energy consumption in pumps // World pumps. January, 2008. PP. 20-24.
72. Economical Aspects of Variable Frequency Drives in Pumping Stations. ITT Flygt System Engineering. 2004. 60 p.
73. Турк В.И., Минаев А.В., Карелин В.Я. Насосы и насосные станции. М. 1977. 304 с.
74. Руководство по проектированию комплектных насосных станций. «Грундфос насосы Сарпин». 2001. 19 с.
75. Березин С.Е. Основы расчета и конструирования канализационных насосных станций с агрегатами погружной установки // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. №3. Ч. 2. С. 10-12.
76. Березин С.Е., Чернота З. Минимизация размеров малых канализационных насосных станций с погружными насосами // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №11. С. 5-9.
77. Design Recommendations for pump stations with midrange centrifugal wastewater pumps. ITT Flygt. 2004. 67 p.
78. Design recommendations. ITT Flygt AB. Stockholm. 2010. 35 p.
79. Чебаевский В. Ф., Вишневикий К. П. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок. М.: Колос. 2000. 376 с.
80. Kansal M. L., Kumar A., Sharma P.B. Reliability analysis of water distribution systems under uncertainty//Reliability Engineering and System Safety № 50. 1995. 2008. Poznań. Poland. Pp. 478–482.
81. Ostfeld A., Reliability analysis of regional water distribution systems//Urban Water, №3. 2001. Pp. 253-260.
82. Strategic Planning for Energy and the Environment of the Association of Energy Engineers. Vol. 16. №4. 2003. 32 p.
83. Сизов А. А., Серпокрылов Н. С. Надежность очистки периодических сбросов сточных вод // Вестник Волгоградского Государственного Архитектурно-Строительного Университета. 2010. №17. С. 123-127.
84. Васильев П. Д., Ветлицын Ю. А. О результатах внедрения частотно-регулируемого привода водопроводной насосной станции III подъема города Волжский Волгоградской области // Труды VIII международного симпозиума «Энергоэффективность и энергосбережение». 2007. Ч. 1. С. 348-353.
85. Васильев П. Д., Ветлицын Ю. А. Опыт внедрения системы регулирования электропривода насосной станции города Волжский Волгоградской области // Сборник докладов VII международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». 2006. С. 335-341.
86. Ветлицын Ю. А., Ветлицын А. М. О минимуме затрат для работы центробежных насосов // Вестник Псковского Государственного Педагогического Университета. Серия «Естественные и физико-математические науки». 2008. №6. С. 135-145.
87. Васильев П. Д., Ветлицын Ю. А. Проблемы внедрения преобразователей частоты для электропривода насосов в жилищно-коммунальном хозяйстве на примере МУП «Водоканал» // Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции «Ресурсо-энергосбережение и эколого-энергетическая безопасность промышленных городов». 2006. С. 108-113.
88. Кудрявцев А. В., Ладыгин А. Н. Современные преобразователи частоты в электроприводе / Сборник МЭИ. М.: МЭИ. 1998. 27 с.

89. Абрамов Б. И. Иванов Г. М. Опыт АООТ «Электропривод» по применению частотно-регулируемых электроприводов / Сборник МЭИ. М.: МЭИ. 1998. 8 с.
90. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й. [и др.] Очистка сточных вод. М.: Мир, 2004. 480 с.
91. Сборник рекомендаций Хельсинкской Комиссии / Справочно-методическое пособие. 2002. 468 с.

References

1. Khromchenko Ia. L. Sovershenstvovanie normativno-pravovoi bazy v sfere pit'evogo vodosnabzheniia i vodootvedeniia // *Vodosnabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №1. Pp. 32-36. (rus)
2. Ivlev A. A. Lokal'nye sistemy ochistki – malozatratnoe reshenie voprosa obespecheniia naseleniia chistoi vodoi v problemnykh mestakh // *Vodosnabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №1. Pp. 62-67. (rus)
3. Povorov A. A., Pavlova V. F., Shinenkova N. A. [et al.] Sovremennye sistemy ochistki vody dlia zhilishchno-kommunal'nogo khoziaistva // *Vodosnabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №1. Pp. 58-61 (rus)
4. Ermilova T. A., Grebenskaia T. M., Morozov S. V. [et. al.] Ochistka vody ot vtorichnykh zagriaznenii na vodoprovodnoi nasosnoi stantsii poselka Strel'na // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2009. №11. Pp. 31-34. (rus)
5. Vovianko V. A., Shteinman G. A., Loparev S. F. Obezrazhivanie stochnykh kanalizatsionnykh vod na ochistnykh sooruzheniakh i pit'evoi vody na vodonasosnykh stantsiakh s pomoshch'iu khlorosoderzhashchego reagenta – tovarnogo gipokhlorita natriia // *Vodosnabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №1. Pp. 51-57. (rus)
6. Voloshin K. I., Poloskov V. V. Mekhanicheskaiia ochistka stochnykh vod na kanalizatsionnykh nasosnykh stantsiakh // *Vodosnabzhenie i kanalizatsiia*. 2011. № 9-1. Pp. 58-60. (rus)
7. Noskova I. A., Megalinskii L. V. Reshetki-drobilki «Monster» dlia izmel'cheniia krupnykh zagriaznenii stochnykh vod // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2012. №2. Pp. 58-61. (rus)
8. Ermolin Iu. A., Alekseev M. I. Nadezhnost' vodootvodiashchikh setei i puti ee povysheniia // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2012. №1. Pp. 13-16. (rus)
9. Ignatchik S. Iu. Obespechenie nadezhnosti i energosberezheniia pri raschete sooruzhenii dlia transportirovaniia stochnykh vod // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2010. №8. Pp. 56-63. (rus)
10. Naimanov A. Ia. O nadezhnosti sistem vodosnabzheniia i vodootvedeniia // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2005. №7. Pp. 30-35. (rus)
11. Miutsel' F. Ekspluatatsionnaia nadezhnost' i ekonomichnost' nasosnykh stantsii // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2006. №1. Pp. 43. (rus)
12. Petrenko S. E. Parametry nadezhnosti ekspluatatsii nasosnykh stantsii i meropriiatiia po ikh povysheniiu // *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2010. №4. Pp. 110-1114. (rus)
13. Babkin V. F., Zhuravleva I. V. Metody intensivatsii i rekonstruktsii vodootvodiashchikh sistem // *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Arkhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta*. 2010. №2. Pp. 45-52. (rus)
14. Bazhenov V. I., Epov A. N. Rekonstruktsiia sooruzhenii na stantsiakh po ochistke stochnykh vod // *Vodosnabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №3. Pp. 79-91. (rus)
15. Kinebas A. K., Ipatko M. N., Il'in Iu. A., Ignatchik V. S., Ignatchik S. Iu. Rekonstruktsiia sistemy podachi vody na iuzhnoi vodoprovodnoi stantsii Sankt-Peterburga // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2009. №10-2. Pp. 17-22. (rus)
16. Alekseeva L. P., Druzhinina G. V. Osnovnye metody intensivatsii protsessov ochistki vody na vodoprovodnykh stantsiakh // *Vodosnabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №6. Pp. 81-89. (rus)
17. Sivolov G. E., Karmalov A. I., Ivanson P. B., Iskhakov Iu. B. Mnogourovnevaia avtomatizirovannaia sistema upravleniia tekhnologicheskimi protsessami vodosnabzheniia i vodootvedeniia // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2011. №9-1. Pp. 47-56. (rus)
18. Karabanov Iu. Z., Nikitan A. M., Girikov A. O. Modernizatsiia kanalizatsionnykh nasosnykh stantsii // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2011. №2. Pp. 34-36. (rus)
19. Kinebas A. K., Pankova G. A., Lombas S. V., Iudin M. Iu., Il'in Iu. A., Ignatchik V. S., Ignatchik S. Iu. Metodika monitoringa kanalizatsionnykh nasosnykh stantsii (na primere KNS №10 sistemy vodootvedeniia Sankt-Peterburga) // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2010. №3. Pp. 6-11. (rus)
20. Karmazinov F. V., Mel'nik E. A., Probirskii M. D. [et. al.] Tekhnicheskoe obsledovanie nasosnykh stantsii sistemy vodootvedeniia Sankt-Peterburga // *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2013. №1. S. 20-28. (rus)
21. Vlatskaia I. V., Zael'skaia N. A. Proektirovanie sistemy operativnogo planirovaniia tekhnologicheskikh rezhimov raboty nasosov nasosnoi stantsii s ispol'zovaniem strukturnogo podkhoda // *Sbornik nauchnykh trudov sworld po*

- materialam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. M: Izd-vo Kuprienko Sergei Vasil'evich, 2011. Pp. 57-59. (rus)
22. Berezin S. E. *Optimizatsiia formy i razmerov mal'nykh nasosnykh stantsii s nasosami pogruzhnoi ustanovki // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2008. №5. Pp. 33-40. (rus)
 23. Berezin S. E. *Optimal'nye parametry nasosnykh stantsii s pogruzhnymi nasosami mokroi ustanovki // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2006. №3-2. Pp. 10-19. (rus)
 24. Berezin S. E. *Optimal'nye parametry nasosnykh stantsii s pogruzhnymi nasosami sukhoi ustanovki // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2006. №3-2. Pp. 20-25. (rus)
 25. Ivashchenko G. I., Moiseev A. V., Riffel' E. V., Shevchuk S. V., Iakimov S. Iu., Furmanova Iu. I. *Kompleksnyi podkhod k optimizatsii raboty sistemy podachi i raspredeleniia vody g. Omska // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2011. №6. Pp. 35-38. (rus)
 26. *Ochistnye sooruzheniia – ot klassicheskikh skhem k naibolee effektivnym // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodospabzhenie*. 2008. №9. Pp. 35-38. (rus)
 27. Goriunov A. N. *Vzaimodeistvie nasosnykh ustanovok pervogo pod"ema i ochistnykh sooruzhenii vodopodgotovki // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2010. №1. Pp. 24-25. (rus)
 28. Chebanov V. B. *Tekhniko-ekonomicheskie aspekty primeneniia reguliruemogo elektroprivoda v nasosnykh ustanovkakh // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2012. №1. Pp. 65-50. (rus)
 29. Tverdokhleby I.B., Kostyuk A. V. *Energoeffektivnaia ekspluatatsiia nasosnogo oboudovaniia // Vodospabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №1. Pp. 124-127. (rus)
 30. Shadrin V. A. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniia elektroenergii // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2012. №8. Pp. 13-15. (rus)
 31. Berezin S. E. *«Grundfos» perekhodit na elektrodvigateli vysshego evropeiskogo klassa energoeffektivnosti // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2011. №1. Pp. 21. (rus)
 32. Redit M. *Energoberegaiushchie nasosy dlia perekachivaniia stochnykh vod // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2010. №5. Pp. 53-56. (rus)
 33. Luchkina S. N., Saburov V. A. *KPD nasosa – put', vedushchii k minimal'nym energozatratam // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2004. №4-2. Pp. 18-19. (rus)
 34. Shikhta L. *Vliianie sistemy upravleniia nasosnoi stantsiei na vodoprovodnuiu set' v predelakh naibol'shei effektivnosti // Vestnik Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta Putei Soobshcheniia*. 2012. №3. Pp. 35-42. (rus)
 35. Karelin A. N. *Normirovanie elektropotrebleniia i avtomatizirovannyi kompleks kontrolya i ucheta elektropotrebleniia v sisteme vodospabzheniia gorodskogo khoziaistva // Promyshlennaia energetika*. 2007. №8. Pp. 7-12. (rus)
 36. Sergeev A. I. *Sovremennye metody otsenki effektivnosti raboty nasosnykh stantsii v sisteme vodootvedeniia // Energoberezhenie i vodopodgotovka*. 2008. №5. Pp. 72-73. (rus)
 37. Izhikov V. N. *Energoberezhenie i reguliruemyi privod v nasosnykh ustanovkakh // Vodospabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №3. Pp. 99-105. (rus)
 38. Isaev V. N., Nechitaeva V. A. *Energoresursoberezhenie v sistemakh vodospabzheniia // Vodospabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №4. Pp. 88-91. (rus)
 39. Berezin S. E., Matsov S. Ia. *Kak snizit' risk pri vybore slozhnoi tekhniki // Vodospabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №1. Pp. 120-123. (rus)
 40. Berezin S. E. *Vysokoeffektivnye nasosy Wilo: etalon v svoem klasse // Vodospabzhenie i kanalizatsiia*. 2010. №4. Pp. 96-98. (rus)
 41. Radke M., Bross Sh., Pensler T., Shpringler P. *Vliianie geometricheskoi formy rabocheho kola kanalizatsionnykh nasosov na ikh ekspluatatsionnuiu nadezhnost' i srok sluzhby // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2006. №6. Pp. 48. (rus)
 42. Zenitov P. N. *Nasos Amarex NS32 dlia transportirovki stochnykh vod // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2008. №12. Pp. 45-48. (rus)
 43. Baulin A., Klavdienko I. *Pogruzhnye vysokonapornye kanalizatsionnye nasosy bol'shikh moshchnostei: preimushchestva i osobennosti primeneniia // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2009. №12. Pp. 31-32. (rus)
 44. Karmazinov F. V., Probriskii M. D., Il'in Iu. A. [et al.] *Nezasoraiushchiesia nasosy dlia perekachki osadkov stochnykh vod // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2003. №4-1. Pp. 30-32. (rus)

45. Kargin S. A. *Analiz poter' elektroenergii pri rabote gruppy nasosov, osnashchennykh reguliruемым приводом // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2010. №3. Pp. 12-18. (rus)
46. Nikolaev V. G. *Vliianie kharakteristik nasosov na energopotreblenie kanalizatsionnykh nasosnykh stantsii i kachestvo ochistki stochnykh vod // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2009. №10-2. Pp. 3-10. (rus)
47. Berezin S. E. *Nasosy proizvodstva KSB Omega i RDLO s rabochim kolesom dvustoronnego vkhoda // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2011. №8. Pp. 71. (rus)
48. Berezin S. E., Bazhenov V. I. *Pogruzhnye nasosy v sistemakh vodopodachi // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2008. №6. Pp. 39-43. (rus)
49. Luchkina S. N., Saburov V. A. *Pogruzhnye nasosy serii AFP kompanii ABS // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2003. №11. Pp. 19-20. (rus)
50. Berezin S. E. *Pogruzhnye nasosy «Ingeteam-Indar» dlia prirodnykh i stochnykh vod // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2009. №11. Pp. 69-73. (rus)
51. Tverdokhleб I. B., Kostiuk A. V. *Modernizatsiia pogruzhnykh nasosnykh agregatov serii ETsV // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2009. №5. Pp. 50-52. (rus)
52. Begliarov D. S., Karambirov S. N., Apresian D. Sh., Likhanov D. M. *Ekspierimental'nye issledovaniia perekhodnykh protsessov, vznikaiushchikh pri spuske i otkliuchenii nasosnogo agregata na nasosnoi stantsii // Prirodoobustroistvo.* 2009. №11. Pp. 74-78. (rus)
53. Berezin S. E. *Assortiment nasosov rasshiraetsia // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2009. №7. Pp. 73. (rus)
54. Berezin S. E. *Tsifrovye dozirovochnye nasosy Grundfos na IFAT Entsorga 2010 // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2010. №10-2. p. 46. (rus)
55. Pushkin V. O., Semin M. M., Pshenko N. L. *Krupnaia kanalizatsionnaia nasosnaia stantsiia ochistnykh sooruzhenii g. Podol'ska na baze pogruznoi nasosnoi tekhniki // Vodосnabzhenie i kanalizatsiia.* 2010. №2. Pp. 114-118. (rus)
56. Alekseeva G. N., Malinovskaia A. A., Mironenko D. P. *Kanalizatsionnaia nasosnaia stantsiia // Vologdinskie chteniia.* 2009. №76. Pp. 141-143.
57. Domnin K. V., Arkhipova E. E., Dunaevskaia E. V., Aleshko D. S., Metelitsa E. K. *Primenenie novykh tekhnologii na golovnykh ochistnykh sooruzheniakh vodoprovoda Khabarovska // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2012. №7. Pp. 35-40. (rus)
58. Iakovlev S. V., Voronov Iu. V. *Vodootvedenie i ochistka stochnykh vod. M.: ASV, 2002. 704 p.* (rus)
59. Berezin S. E. *i dr. Nasosnye stantsii s pogruzhnymi nasosami. Raschet i konstruirovaniie. M.: Stroizdat. 2009. 160 p.* (rus)
60. *SNiP 2.04.02-84 Vodосnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniia.* (rus)
61. *SNiP 2.04.03-85 Kanalizatsiia. Naruzhnye seti i sooruzheniia.* (rus)
62. Joseph Azzopardi. *Welcome to the world of blockage-free pumping // World Pumps. February, 2004. Pp. 23-25.*
63. Glover A. *Oversizing pump motors – the problems // World Pumps. July, 2007. Pp. 34-38.*
64. Berezin S. *Submersible pumps for wastewater applications // World pumps. September, 2006. Pp. 52-56.*
65. Berezin S. E. *Pogruzhnye nasosy. Preimushchestva. Printsipy proektirovaniia i podbora // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika.* 2006. №3. Ch. 2. Pp. 35-49. (rus)
66. Berezin S. E., Bazhenov V. I. *i dr. Novoe pokolenie pogruzhnykh nasosov // VST.* 2001. №12. Pp. 50-52. (rus)
67. Kopytin A., Tsarinnik O. *Sovremennye metody v opredelenii effektivnosti raboty nasosnykh agregatov // Santeekhnika, otopenie, konditsionirovanie.* №8. 2007. S. 40-42. (rus)
68. Leznov B. S. *Energoberezhenie i reguliruemyi privod v nasosnykh i vozdukhoduvnykh ustanovkakh. M.: Energoatomizdat, 2006. 359 p.* (rus)
69. Noll P. *Determining the real cost of powering pump // World pumps. January, 2008. Pp. 12-18.*
70. Bachus L. *Pump and circumstance // World pumps. December, 2008. Pp. 15-19.*
71. Vogellsand H. *An Introduction to energy consumption in pumps // World pumps. January, 2008. Pp. 20-24.*
72. *Economical Aspects of Variable Frequency Drives in Pumping Stations. ITT Flygt System Engineering. 2004. 60 p.*
73. Turk V.I., Minaev A.V., Karelin V.Ia. *Nasosy i nasosnye stantsii. M. 1977. 304 p.* (rus)
74. *Rukovodstvo po proektirovaniiu kompleknykh nasosnykh stantsii. «Grundfos nasosy Sarlin». 2001. 19 p.* (rus)

75. Berezin S.E. *Osnovy rascheta i konstruirovaniia kanalizatsionnykh nasosnykh stantsii s agregatami pogruzhnoi ustanovki // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2006. №3. Ch. 2. Pp. 10-12. (rus)
76. Berezin S.E., Chernota Z. *Minimizatsiia razmerov malykh kanalizatsionnykh nasosnykh stantsii s pogruzhnymi nasosami // Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2009. №11. Pp. 5-9. (rus)
77. Design Recommendations for pump stations with midrange centrifugal wastewater pumps. ITT Flygt. 2004. 67 p.
78. Design recommendations. ITT Flygt AB. Stockholm. 2010. 35 p.
79. Chebaevskii V. F., Vishnevskii K. P. *Proektirovanie nasosnykh stantsii i ispytanie nasosnykh ustanovok*. M.: Kolos. 2000. 376 p. (rus)
80. Kansal M.L., Kumar A., Sharma P.B. Reliability analysis of water distribution systems under uncertainty//Reliability Engineering and System Safety № 50. 1995. 2008. Poznań. Poland. Pp. 478–482.
81. Ostfeld A., Reliability analysis of regional water distribution systems // *Urban Water*, №3. 2001. Pp. 253-260
82. Strategic Planning for Energy and the Environment of the Association of Energy Engineers. Vol. 16. №4. 2003. 32 p.
83. Sizov A. A., Serpokrylov N. S. *Nadezhnost' ochistki periodicheskikh sbrosov stochnykh vod // Vestnik Volgogradskogo Gosudarstvennogo Arkhitekturno-Stroitel'nogo Universiteta*. 2010. №17. Pp. 123-127. (rus)
84. Vasil'ev P. D., Vetlitsyn Iu. A. *O rezul'tatakh vnedreniia chastotno-reguliruемого привода водопроводной насосной станции III под'ема города Волжского Волгоградской области // Trudy VIII mezhdunarodnogo simpoziuma «Energoeffektivnost' i energosberezhenie»*. 2007. Ch. 1. Pp. 348-353. (rus)
85. Vasil'ev P. D., Vetlitsyn Iu. A. *Opyt vnedreniia sistemy regulirovaniia elektroprivoda насосной станции города Волжский Волгоградской области // Sbornik dokladov VII mezhdunarodnogo simpoziuma «Energoresursoeffektivnost' i energosberezhenie»*. 2006. Pp. 335-341. (rus)
86. Vetlitsyn Iu. A., Vetlitsyn A. M. *O minimume zatrat dlia raboty tsentrobezhnykh nasosov // Vestnik Pskovskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta. Seriia «Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki»*. 2008. №6. Pp. 135-145. (rus)
87. Vasil'ev P. D., Vetlitsyn Iu. A. *Problemy vnedreniia preobrazovatelei chastoty dlia elektroprivoda nasosov v zhilishchno-kommunal'nom khoziaistve na primere MUP «Vodokanal» // Sbornik materialov vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Resurso-energospberezhenie i ekologo-energeticheskaiia bezopasnost' promyshlennykh gorodov»*. 2006. Pp. 108-113. (rus)
88. Kudriavtsev A. V., Ladygin A. N. *Sovremennye preobrazovatelei chastoty v elektroprivode / Sbornik MEI*. M.: MEI. 1998. 27 p. (rus)
89. Abramov B. I., Ivanov G. M. *Opyt AOOT «Elektroprivod» po primeneniiu chastotno-reguliruemykh elektroprivodov / Sbornik MEI*. M.: MEI. 1998. 8 p. (rus)
90. Khentse M., Armoes P., Lia-Kur-lansen I., Arvan E. *Ochistka stochnykh vod*. M.: Mir. 2004. 480 p. (rus)
91. *Sbornik rekomendatsii Khel'sinskoi Komissii / Spravochno-metodicheskoe posobie*. 2002. 468 p. (rus)